

**DEBRECENI EGYETEM
INFORMATIKA KAR**

MELANÓMA DETEKTOR

Témavezető:

Dr. habil. Bácsó Sándor
egyetemi docens

Készítette:

Balku Bálint
programozó matematikus

**Debrecen
2007**

Tartalomjegyzék

1. Bevezető	4
1.1. A Nap káros sugárzása	4
1.2. Mi az a melanóma?	4
1.3. A melanóma kezelése	5
1.4. Melanóma felismerése számítógépes segítséggel	5
1.5. Jelenlegi megoldások	6
1.5.1. DermLite	7
1.5.2. SolarScan	7
1.5.3. FotoFinder dermoscope HD	8
2. A Melanóma Detektor	9
2.1. A rendszer célja	9
2.2. Az ABCDE módszer	10
2.2.1. Asymmetry – aszimmetria	10
2.2.2. Border – határvonal	10
2.2.3. Color – szín	11
2.2.4. Diameter – átmérő	11
2.2.5. Evolution – fejlődés	11
2.3. A rendszer megvalósítása	12
2.4. A rendszer által támasztott hardver követelmények	12
2.4.1. Digitális kép	13
2.4.2. Személyi számítógép	13
2.5. Szoftver követelmények	14
2.6. A melanóma helyének meghatározása a digitális képen	14
2.6.1. Konvolúció	15
2.6.2. Szürkeárnyalatú kép	17
2.6.3. Fényerő és kontraszt módosítása	18
2.6.4. Bináris képpé alakítás	19
2.6.5. Körvonal meghatározása a bináris képen	20
2.7. Az ABCDE módszer alkalmazása	22

2.7.1. Aszimmetria.....	22
2.7.1.1. Középpontos szimmetria	22
2.7.1.2. Tengelyes szimmetria	25
2.7.2. A körvonal összetettsége	26
2.7.3. Színösszetettség	30
2.7.4. Átmérő	31
2.7.4.1. Hough kör detektáló algoritmus	34
2.7.4.2. A Hough algoritmus módosítása ismeretlen sugarú kör meghatározására	35
2.7.5. Fejlődés – jövőbeli megvalósítás	36
2.8. A szoftver kezelése	37
2.8.1. Menü	37
2.8.1.1. Fájl menü (File)	37
2.8.1.2. Szerkesztés menü (Edit)	38
2.8.1.3. Rendezés menü (Sort).....	38
2.8.1.4. Ablak menü (Window)	39
2.8.2. Eszköztárak.....	39
2.8.2.1. Általános eszköztár (General)	40
2.8.2.2. Körvonal eszköztár (Border)	40
2.8.2.3. Szín eszköztár (Color)	41
2.8.3. Elemzések	41
3. Összegzés.....	43
4. Irodalomjegyzék	45
5. Függelék	46
5.1. Elemzések eredményei	46
5.2. Egy elemzésről elmentett XML állomány.....	48
5.3. A konfigurációs XML állomány felépítése	50

1. Bevezető

1.1. A Nap káros sugárzása

Napjainkban egyre nagyobb figyelmet fordítunk a bennünket körülvevő természetre, egyre többet teszünk annak megóvásáért. Az emberek kezdik felismerni, hogy környezetünk rombolása, szennyezése az idő múlásával egyre inkább visszahat ránk, a hétköznapi életünkben egyre több káros hatásnak vagyunk kitéve. Sokszor, sok helyről hallhatunk a globális felmelegedésről, az üvegházhatásról, az ózón réteg elvékonyodásáról, és ezekkel párhuzamosan megnövekedett hőmérsékletről, klímaváltozásról, illetve a Nap káros, főként ultraviola sugárzásáról. Ez utóbbi közvetlenül érinti az összes embert, emiatt saját magunk védelmére is jobban odafigyelünk – ki ne találkozott volna az egyre növekvő faktorszámú naptejekkel, különféle fényvédő szerekkel?! Nyers szófordulattal élve mondhatnánk azt is, hogy ezt a problémát mindenki a saját bőrén tapasztalja – sajnos ez nagyon is igaz, az egyre erőteljesebb sugárzásnak kitett hámrétegen kóros, esetenként igen súlyos elváltozások jelenhetnek meg.

1.2. Mi az a melanóma?

A káros napsugárzás következményeként a legtöbb embernek elsőként a rosszindulatú, rákos daganatok megjelenése jut eszébe. Az összefüggés sajnos igazolódni látszik, orvosi statisztikák szerint az ilyen jellegű elváltozások azokon a területeken a leggyakoribbak, melyeken az éghajlatnak megfelelően az ott élők fokozott napsugárzásnak vannak kitéve. Ausztrália például ebből a szempontból veszélyes területnek számít, az ottani orvosok gyakran találkoznak melanómával.

A káros sugárzás főként a bőrön található anyajegyekre, valamint azok környékére nézve veszélyes. Ezek a szövetek közvetlen, nagy erejű napsütés hatására viszonylag könnyen károsodhatnak, daganatos sejtek jelenhetnek meg bennük – az ilyen kóros elváltozást szenvedett anyajegyeket nevezik melanómának.

1.3. A melanóma kezelése

Egy kezdeti stádiumban lévő melanóma kezelése igen egyszerű feladat egy szakorvos számára, az elváltozott szövetek eltávolításával – köznyelven az anyajegy „levetetésével” – a gyógyulás szinte biztosra vehető. A veszélyt tulajdonképpen nem is a daganat megjelenése hordozza, sokkal inkább az, hogy az idő múlásával tovább terjedhet a hám mélyebb rétegeibe, sőt, akár a bőr alatt található szövetekbe is, így annak lokalizálása és eltávolítása meglehetősen bonyolulttá, esetleg lehetetlenné válik.

A korai kezelés biztosra vehető sikereivel ellentétben egy későn felismert melanóma szövődményei akár halált is okozhatnak, ezért fontos, hogy a páciens időben forduljon szakorvoshoz, de ennél is fontosabb, hogy az orvos már kezdeti stádiumában ismerje fel a veszélyes területeket.

1.4. Melanóma felismerése számítógépes segítséggel

Mint azt már korábban említettem, a napsütötte területeken, például Ausztráliában viszonylag gyakori a melanómák megjelenése, míg hazánkban az ilyen fajta elváltozások szerencsére elég ritkák. Éppen emiatt a magyar orvosok nagyon kevés ilyen esettel találkoznak praxisukban, sőt, előfordulhat, hogy egy kisebb település vagy kerület háziorvosa munkája során egyetlen melanómát sem lát. Mivel kezdeti stádiumban nehezen állapítható meg egy anyajegyről, hogy veszélyes-e vagy sem, viszont ennek eldöntése és a kezelés mihamarabbi megkezdése a páciens szempontjából akár létfontosságú kérdésnek is tekinthető, a szövődmények kialakulásának elkerülése végett szükséges lenne minden gyanúsnak tűnő esettel bőrgyógyász szakorvoshoz fordulni. Az orvosok munkájának és szakmai felkészültségének lebecsülése nélkül sajnos valószínű, hogy az igen kisszámú előfordulás miatt egy – ezen a területen – tapasztalatlan orvos nem fogja felismerni a veszélyt, így nem fogja a páciensét szakrendelésre utalni.

A fentiekből kitűnhet, hogy Magyarországon a melanómák előfordulása szerencsére viszonylag ritka, ám éppen emiatt nagyon veszélyes is. Ezért tűzte ki célul a Kripto kft. egy

automatizált számítógépes rendszer, egy úgynevezett Melanóma Detektor megalkotását, valamint az ezzel kapcsolatos kutatások elvégzését. Egy ilyen készülék nemcsak az orvosok munkáját segíti azzal, hogy pontos, számszerű információt ad, hanem hordozható kivitelben akár egy hétköznapi ember is figyelemmel kísérheti a testén elhelyezkedő anyajegyeket, azok változásait. Így könnyű időben felismerni a veszélyt, és felkeresni vele egy szakorvost, aki egy egyszerű rutin beavatkozással meg tudja oldani a problémát. Ne feledjük, emberéletek múlhatnak ezen!

Egy melanóma biztos felismeréséhez leginkább szövettani vizsgálatokat célszerű végezni, így szinte teljes biztonsággal megállapítható egy anyajegy veszélyessége, de az elemzések mellőzésével választhatjuk egyből annak eltávolítását, „levetetését”, mivel ez a műtéttel járó kellemetlenségen kívül gyakorlatilag semmilyen egyéb negatív hatással nem bír. Az átlagemberek számára viszont egy egyszerű egészségügyi vizsgálat is kellemetlenséget jelent, ezért bármilyen orvosi készülék esetén fontos szempont, hogy annak használata egyszerű és a lehető legkényelmesebb legyen – ezt, valamint hordozhatósági és higiéniai szempontokat is figyelembe véve legjobb a melanómákat külső megjelenésük alapján felismerni. Ez a páciens számára semmiféle plusz traumát nem jelent, a rendszer képfeldolgozási módszerek használatával szolgáltat információkat egy bőrterület veszélyességéről.

1.5. Jelenlegi megoldások

A veszélyesen elváltozott anyajegyek felismerése külsejük alapján nem új gondolat. Léteznek erre vonatkozóan általánosan elfogadottnak tekintett, széles körben használt elméleti módszerek, valamint néhány gyakorlati megvalósítás is. Az elméleti módszerekről elmondható azonban, hogy inkább csak irányelvnek tekinthetők, mintsem pontról-pontra betartandó, szigorúan meghatározott lépésekből álló sablonoknak. A rendelkezésre álló készülékek jelentős része pedig képzett szakorvosokat igényel.

Az emberek világszerte megpróbálták valamiféle automatizált megoldást találni arra, hogy meg tudjanak különböztetni egy egyszerű anyajegyet egy veszélyes melanómától. Főként Ausztráliában és Új-Zélandon volt erre égető szükség, ezeken a területeken ugyanis évente

ezrek halálát okozza melanóma és a vele járó szövődmények. Számos hasznos megoldás látott napvilágot a kutatások során, ám ezek jó része leginkább orvosi használatra készült. Ha szétnézünk a piacokon, találhatunk kisméretű kézi eszközöket, és jóval nagyobb összetett rendszereket. Funkcionalitásukat tekintve ugyancsak széles skálán mozognak, kezdve a legegyszerűbb nagyítókkal, melyek a szabad szemmel történő vizsgálatok segítségére hivatottak, egészen a számítógépes elemzéseket, adatbázisban tárolt esetekkel való összehasonlítást végző rendszerekig, melyek már javaslatot is tesznek arra nézve, hogy a feldolgozott kép mennyire veszélyes területet mutat.

1.5.1. DermLite

Az egyik legegyszerűbb termék a DermLite, ami nem más, mint egy különleges nagyító lencse, mely segítségével „egy képzett szem korán felismerheti a bőrrákot és egyéb bőrbetegségeket”. A lencse mellett LED-es megvilágítást és különböző optikai szűrőket is tartalmaz, melyek mind abban segítenek, hogy minél jobb minőségű képet láthassunk. Ezen kívül az eszköz semmi mást nem tud, csupán a vizsgálatot végző szakorvos munkáját könnyíti meg.



1.5.2. SolarScan

A Polartechnics cég által fejlesztett készülék már sokkal többet tud a DermLite lencsénél, viszont jóval összetettebb rendszerrel is állunk szemben. Az anyajegy lefényképezése után annak határvonalát és színösszetettségét elemzi és veti össze egy adatbázissal, melyben előző vizsgálatok eredményei kerültek tárolásra. Ez jelenti legfőbb előnyét is, az adatbázis nélkül önállóan mutatott információi viszont még egy szakorvos számára is jelentéktelenek, semmitmondók lehetnek.



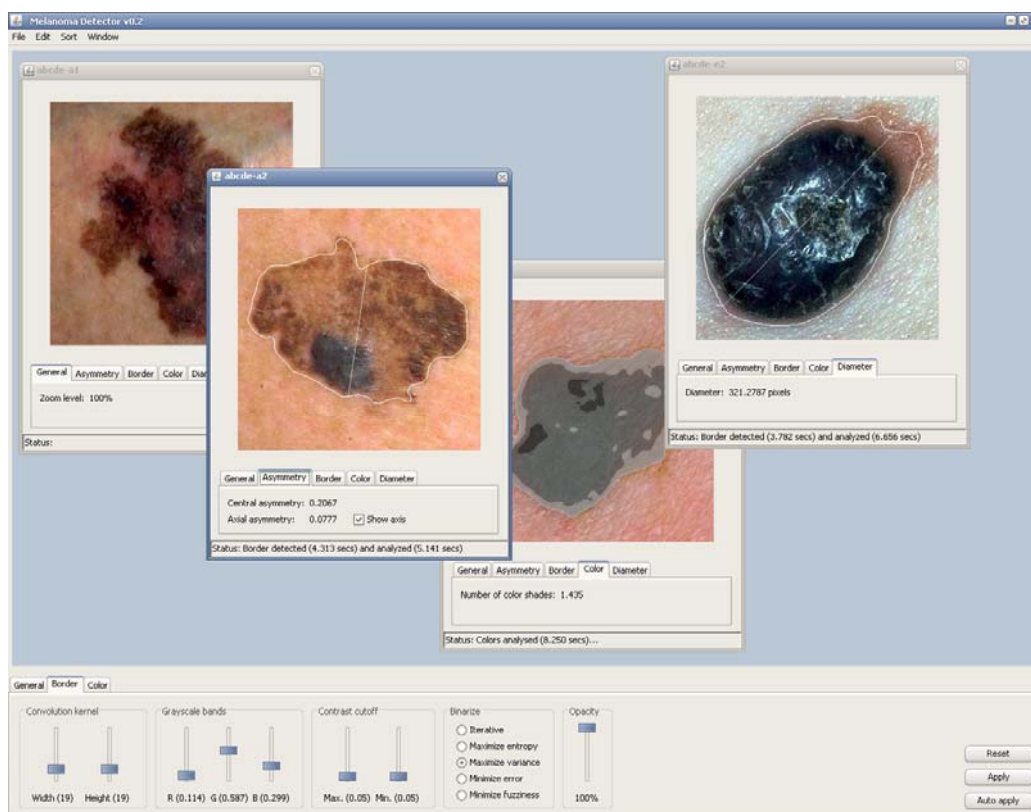
1.5.3. FotoFinder dermoscope HD

Az egyik legjobb, legkomplexebb rendszer, ami ma forgalomban van. Természetesen ezt is inkább szakorvosok számára fejlesztették és készítették, az ő igényeik szerint testreszabható. Képes az egész testen nyomon követni az anyajegyek változását, valamint felismeri a melanómákat és az egyéb fajta bőrrákot is. A nagy felbontású képeknek, a folyamatos megfigyelésnek és a külön-külön is használható alkotó elemeinek köszönhetően igen kedvelt és megbízható rendszer.



E rövid bevezető után a következő fejezetekben rátérek a Melanóma Detektor részletes bemutatására. Látni fogjuk, milyen részekből épül fel, milyen elméleti módszer alapján elemzi a bemenő képi adatokat, ezt az elemzést milyen gyakorlati lépésekkel valósítja meg, valamint a kapott numerikus eredmények mit jelentenek emberi (orvosi) nyelven.

2. A Melanóma Detektor



1. ábra - A Melanóma Detektor szoftver használat közben

2.1. A rendszer célja

A projekt célja egy melanóma felismerését szolgáló, általánosan elfogadott elméleti módszereken alapuló tanácsadó rendszer kifejlesztése, megvalósítása oly módon, hogy az egy laikus számára is elegendő tájékoztatást adjon arra vonatkozóan, szükséges-e szakorvoshoz fordulnia. Az egyszerű használhatóság, a hardverfüggetlenség és a hordozhatóság is alapvető szempont volt a tervezés során, valamint az, hogy a jelenleg piacon lévő termékek mellett jelenjen meg egy hétköznapi emberek számára is elérhető változat.

2.2. Az ABCDE módszer

Melanóma felismerésére az egyik legelterjedtebb és legjobban használható módszer az úgynevezett ABCDE módszer, mely öt szempontból vizsgálja egy anyajegy képét. A betűk rendre az angol **A**symmetry (aszimmetria), **B**order (határvonal), **C**olor (szín), **D**iameter (átmérő) és **E**volution (fejlődés) szavakat jelölik. Néhány helyen ezeket alappontoknak tekintve egyéb szempontokat is csatolnak a vizsgálathoz a pontosabb eredmény reményében, de már ennyiből is kellő információt kaphatunk egy esetleges melanómára vonatkozóan. Ezek a szempontok egymástól függetlenül, valamint együttesen is vizsgálhatók – minél többféle nézőpontból bizonyul gyanúsnak egy anyajegy, annál biztosabb, hogy veszélyes, de akár egyetlen szélsőséges érték is jelenthet bajt.

2.2.1. Asymmetry – aszimmetria

Egy egészséges anyajegy formája általában egy szabályos körhöz, ellipszishez közelít – ezek a síkidomok szimmetrikusak. Ha kórossá válik, a határvonala általában megváltozik, kisebb-nagyobb oldalirányú „kinövések” jelenhetnek meg ezzel szabálytalanná formálva az anyajegyet – a veszélyesség az aszimmetriával párhuzamosan növekszik.



2.2.2. Border – határvonal

Az anyajegy körvonalának összetettségére utal, mennyire szabályos illetve szabálytalan, redőzött az. Ennél a szempontonál figyelembe lehet venni az eltérést egy szabályos körtől vagy ellipszistől, de vizsgálhatjuk a körvonal haladási irányának változását, illetve e változások gyakoriságát is. Az előző pontban tárgyalt aszimmetriától ez annyiban tér el, hogy például egy csillag alak a határvonalát tekintve szabálytalan, viszont emellett még szimmetrikus.



2.2.3. Color – szín

Egy egészséges anyajegy egyetlen jól meghatározható színárnyalatból áll a bőr pigmentjeinek helyi módosulása miatt. A kóros elváltozás esetén megjelenő különféle árnyalatok szabad szemmel is jól láthatók és elkülöníthetők. Az addigi barnás árnyalat mellett illetve helyett az egészen világos rózsaszínestől a nagyon sötét, akár fekete árnyalatokig bármilyen köztes szín megjelenhet. Ha egy homogén anyajegy az idő múlásával többszínűvé válik, szinte biztosra mondható, hogy veszélyes.



2.2.4. Diameter – átmérő

Általános érvényű, hogy ha egy anyajegy túllépi az 5-6 milliméteres mérethatárt, akkor fokozott figyelmet érdemel. Ekkor még nem állapítható meg biztosan, hogy veszélyes elváltozásról van szó, viszont ha az idő előre haladtával folyamatos növekedést tapasztalunk, jobban tesszük, ha orvoshoz fordulunk.



2.2.5. Evolution – fejlődés

A fejlődés szempontja az időre fekteti a hangsúlyt – azt vizsgálja, hogy az előzőleg ismertetett szempontok alapján az anyajegy mennyiben tér el egy korábbi állapotától. Az öt pont közül ezt tekinthetjük a legfontosabbnak, minél gyorsabban változik egy anyajegy, annál valószínűbb, hogy rosszindulatú daganattal van dolgunk. Ezzel szemben, ha az előző pontok bármelyike kritikus eredményt ad, viszont időben nem változik, akkor elképzelhető, hogy nincs gond – viszont ilyen esetben is ajánlatos felkeresni egy szakorvost a biztonság kedvéért.

2.3. A rendszer megvalósítása

A Kripto kft által indított projekt egyik alapvető célja, hogy a kifejlesztett termék különleges eszközök bevonása nélkül bárki számára könnyen használható legyen. Mint azt a bevezetőben láthattuk, ilyen eszköz jelenleg nincs kereskedelmi forgalomban, és a kapható rendszerek is saját kamerákkal, megvilágítással dolgoznak – ezzel szemben a mi megoldásunk bármilyen megfelelő minőségű digitális fényképezőgép által készített képet feldolgoz, az elemzéshez pedig egy közepes szinten felszerelt személyi számítógép is elegendő.

Mivel a rendszer működtetése nem igényel túlzottan nagy számítási kapacitást, ezért a jövőben elképzelhető egy mobiltelefonon futtatható változat is. Figyelembe véve a mobiltelefonok beépített fényképezőinek rohamos fejlődését, valamint egyre nagyobb memóriájukat, egyre gyorsabb processzoraikat, ez a lehetőség nagyon is reálisnak tekinthető. Ilyen módon valóban minden emberhez könnyen eljuthatna egy Melanóma Detektor szoftver, a legszükségesebb hardver eszköz, a fényképező pedig eleve rendelkezésre áll, így plusz eszközök megvásárlása nélkül mindenki könnyedén elvégezheti magán a vizsgálatot, a mobil hálózatokat is kihasználva pedig azonnal csatlakozhat egy adatbázishoz, ahol több másik esettel is összevetheti saját eredményeit.

2.4. A rendszer által támasztott hardver követelmények

A tervezés során törekedtünk arra, hogy elkerüljük a nehezen beszerezhető, vagy a túlzottan drága eszközök használatát. A Melanóma Detektor csupán két fizikai eszköz meglétét követeli meg: az egyik egy legalább közepes minőségű digitális képalkotásra alkalmas készülék – ez legtöbb esetben egy digitális fényképezőgépet jelent; a másik pedig egy közepes vagy annál magasabb szintű erőforrásokkal rendelkező számítógép, mely Java nyelven írt programok futtatására képes.

2.4.1. Digitális kép

A rendszer az emberi bőrről készült digitális képek feldolgozását, elemzését végzi. A feldolgozandó kép méretére, formátumára nincs semmilyen különleges megkötés, viszont a minősége az eredmény szempontjából fontos tényező. Egy rossz minőségű kép pontatlanabb eredményeket adhat, ami esetenként akár téves diagnózishoz is vezethet. Kísérletek és orvosi vélemények alapján megállapították, hogy egy 2-3 megapixel felbontású kép minősége már megfelelő a feladat elvégzéséhez, a melanóma felismeréséhez. Mivel a legtöbb digitális fényképezőgép ennél jobb felbontással rendelkezik, ezért látható, hogy ez a feltétel lényegében semmiféle megszorítást nem jelent a használt eszközre nézve. Azt viszont fontos megjegyezni, hogy az anyajegyek kis mérete miatt ezeket a képeket viszonylag közlelről kell készíteni, így fontos, hogy a fényképező makró funkcióval is el legyen látva – ez a kompakt gépekben általában megtalálható.

Napjainkban a mobiltelefonokba épített fényképezőgépek is 2 megapixel felbontásúak, sőt, kezdenek terjedni a 3 megapixelesek is, így az ezek által készített képek is megfelelőek lesznek a rendszer számára. A képek feldolgozása történhet a telefonon, a tulajdonos számítógépén futó szoftverrel, vagy egy központi szerveren, ahova a képet például MMS üzenet formájában lehet eljuttatni.

2.4.2. Személyi számítógép

A képfeldolgozáshoz szükséges számítási kapacitás nem túl jelentős, bármelyik személyi számítógép képes elvégezni a megfelelő lépéseket. Mivel a rendszernek nem célja a minél gyorsabb válaszadás, ezért ebből a szempontból semmilyen megszorítást nem követel – egy napjainkban átlagosnak nevezhető számítógépen pár másodperc alatt elkészül az elemzés.

Valamivel fontosabb szempont lehet a rendelkezésre álló memória mennyisége, ám lényegében ez sem jelent semmiféle megkötést, mivel egy, a szoftver által megkövetelt grafikus operációs rendszer zökkenőmentes futtatásához általában jóval több tár kell, mint amit a szoftver maga használ a számítások során. Természetesen a felhasznált memória

menyisége függ a feldolgozandó képek minőségétől, valamint a program által megnyitott képek számától is.

A rendszer fejlesztése és tesztelése során használt számítógép 3 Gigahertzes processzorral és 1 Gigabájt memóriával rendelkezett – ez az erőforrás mennyiség bőségesen elegendő volt a szoftver számára.

2.5. Szoftver követelmények

A program Java nyelven íródott, az 1.5-ös verzió használatával. A képfeldolgozási rész erősen támaszkodik az ingyenes Java Advanced Imaging (továbbiakban JAI) függvénykönyvtárra – ebben az egyszerűbb és bonyolultabb képfeldolgozási műveletek is implementálva vannak, valamint a képfájlok kezelése is nagyon egyszerűvé válik a használatával. A szoftver természetesen más programozási nyelven, JAI használata nélkül is elkészíthető – mint azt a későbbiekben látni fogjuk, a felhasznált függvények igen egyszerűek. A program tehát bármilyen olyan eszközön működőképes, amely képes Java alkalmazást futtatni, valamint elegendő memóriával rendelkezik a képfeldolgozási lépések végrehajtásához.

2.6. A melanóma helyének meghatározása a digitális képen

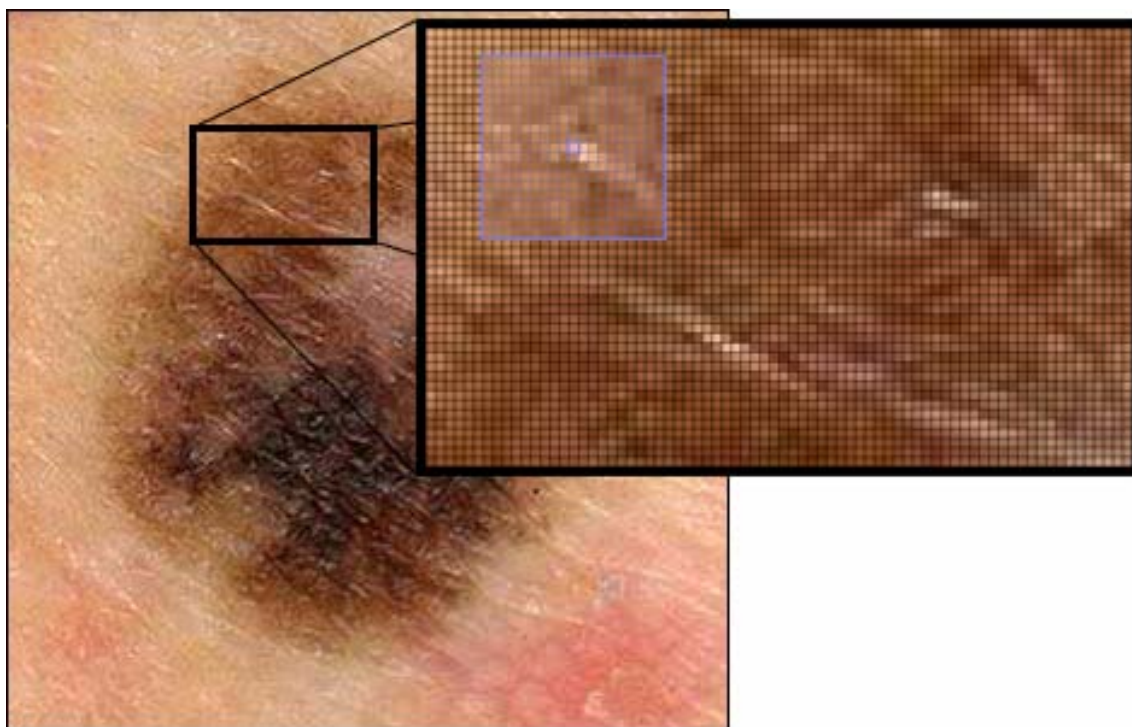
A Melanóma Detektor az ABCDE módszer alapján dönti el egy adott képről, hogy azon veszélyes vagy veszélytelen bőrterület látható-e. Ehhez szükség van a vizsgált anyajegy helyének és körvonalának pontos meghatározására. A szoftver nem vizsgálja, hogy a bemenetként szolgáló képen látható-e egyáltalán anyajegy vagy sem, erről a felhasználónak kell gondoskodnia, mint ahogy a kép megfelelő minőségéről is.

A melanóma helyének meghatározásához szükség van arra, hogy tudjuk, a digitális képen mely pontok tartoznak hozzá, és melyek nem. Ezt az informatikus nyelven bináris információt egy csupán két színből álló képen ábrázolhatjuk, erről pedig már viszonylag egyszerűen

leolvashatjuk a melanóma körvonalát, az azt alkotó pontok sorozatát. A bemenetként szolgáló – esetünkben 24 bites színinformációt tartalmazó – képekből a bináris képet, majd a határvonalat a következő lépések eredményeként kapjuk meg:

2.6.1. Konvolúció

Első lépés a kép kis mértékű „elmosása” – ezzel küszöböljük ki a gyengébb minőségű digitális képek pixeleességét, a színátmenetek durvaságát. Ennél is fontosabb azonban, hogy egy megfelelő méretű konvolúciós mag használatával a képen látható zavaró tényezőket, szörszálakat, apróbb képi hibákat is eltüntethetjük.



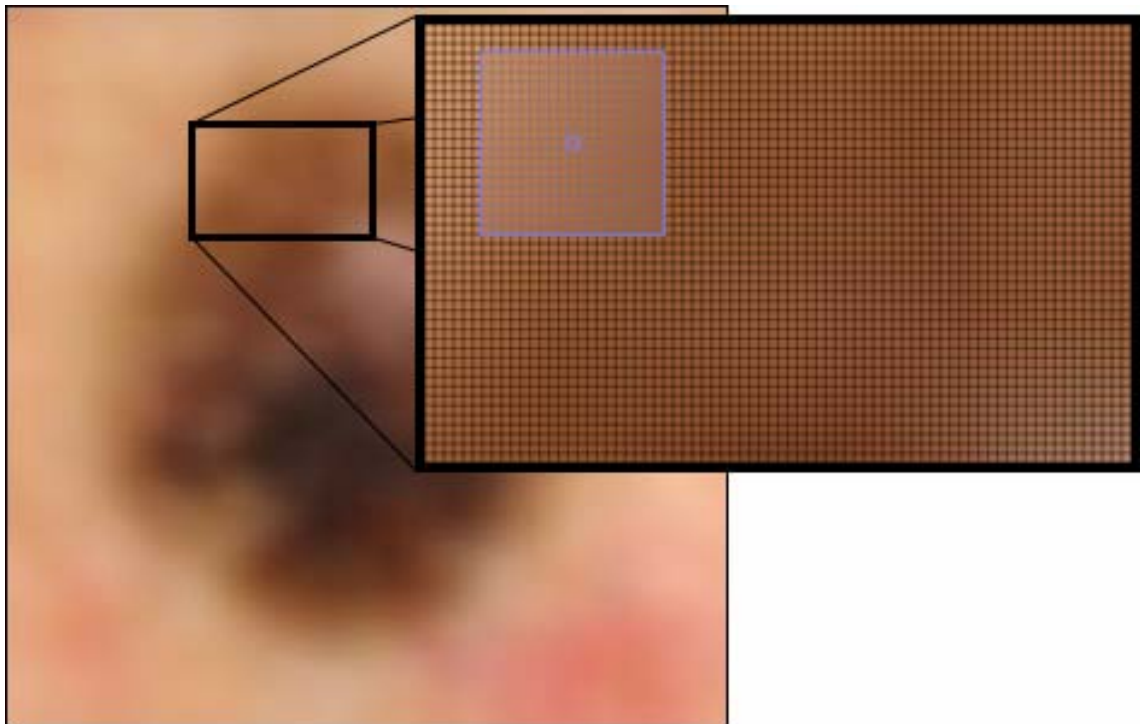
2. ábra - Az eredeti kép és annak egy kinagyított részlete

A konvolúció matematikailag egy mátrixszal, az úgynevezett konvolúciós maggal történő szorzás művelete. A mag tetszőleges kiterjedésű lehet, bár általában a bemeneti kép méretének töredéke, emellett rendelkezik egy kitüntetett ponttal, melyet a továbbiakban a mag origójának fogunk nevezni. Kimenetként az eredetivel egyező méretű képet kapunk, mely képpontjait a következő módszerrel számíthatjuk ki.

Kijelöljük a bemenő kép egy pontját, majd vesszük annak a mag mátrixszal egyező nagyságú környezetét úgy, hogy a kijelölt pont azon belül úgy helyezkedjen el, ahogy a magban annak origója található. A kapott mátrix elemeit jelöljük sorra $s_{11}, s_{12}, \dots, s_{nm}$ -nel, a konvolúciós mag elemei legyenek sorra $c_{11}, c_{12}, \dots, c_{nm}$! A kimenő képpont értékét a

$$d = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m s_{ij} \cdot c_{ij}$$

összefüggés alapján számíthatjuk ki. A bemenő kép összes pontjára elvégezve ezt a műveletet megkapjuk a konvolúciós képet.



3. ábra - A konvolúció utáni kép és annak egy kinagyított részlete

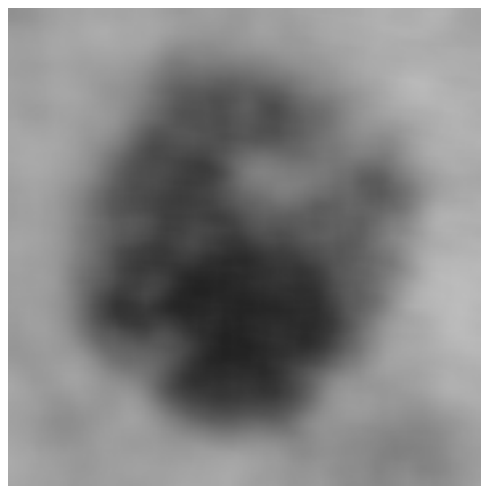
Itt kell megjegyeznünk, hogy a bemenő képnek vannak olyan pontjai, melyekre a fenti számítást nem lehet elvégezni. Ezek a szélekhez közel eső pontok, melyeknél a bemenő mátrix bizonyos elemeit nem tudjuk a képadatok alapján meghatározni. Az ilyen pozíciókon a kimenő képpontok értéke definiálatlan.

A melanóma körvonalának meghatározásánál gondot okozhat egy nagyobb méretű mag használata során fellépő képszéli információvesztés, így ugyanis előfordulhat, hogy a körvonal egy része is elvész. Ennek elkerülése végett a konvolúció végrehajtása előtt a bemenő képet felnagyítjuk akkorára, hogy az eredeti kép minden pontjára végrehajtható legyen a számítás. Az így kapott kimeneti képen pontosan azok a pontok lesznek definiáltak, amelyek a nagyítás lépésével nyert területen helyezkednek el, ezek elhagyásával az eredeti képpel azonos méretű konvolúciós képet kapunk. A nagyításnál érdekes kérdés, hogy az új „keret” pontjainak milyen értékeket adjunk. Erre több megoldás is létezik, esetünkben azt a módszert alkalmazzuk, hogy az eredeti kép határvonalára „tükrözzük” a képpontokat.

A konvolúciós mag méretének meghatározása is fontos, túl nagy mag használatával értékes részleteket veszíthetünk el, míg egy túlságosan kis mag sok zavaró „zajt” hagyhat a képen. A rendszer tesztelése során a bemenő képek mérete 300x300 képpont, ehhez egy 19x19-es mag megfelelőnek bizonyult, origóját annak középpontjában határozzuk meg. Más méretű képek esetén természetesen más magméret lesz célravezető – általánosságban azt mondhatjuk el, hogy ha a mag nagysága az eredeti kép méretének 6-7 százaléka, akkor a konvolúció jól használható kimenő képet fog nyújtani.

2.6.2. Szürkeárnyalatú kép

A színes digitális képek úgynevezett színcsatornákból épülnek fel. Bizonyos alapszínek felhasználásával, ezek keveréséből áll elő a kép összes színe. Az egyik leggyakoribb a vörös, a zöld és a kék szín használata, melyet az angol megfelelők után röviden csak RGB-nek neveznek. A Melanóma Detektor bemeneteként szolgáló képek is ezt a három csatornát használják, az összes képpontot a vörös, a zöld és



a kék színt komponensek együttes értéke határozza meg. Mivel ez minden egyes képpontra nézve három információ, ezekből nagyon nehéz lenne meghatározni, hogy melyek alkotják a

melanómát, és melyek tartoznak a háttérhez. A célként kitűzött bináris képet jóval egyszerűbben kaphatjuk meg egy egyetlen csatornát, a világosságot használó képből. Az ilyen képet szürkeárnyalatú képnek nevezzük.

A legfőbb különbség a szürkeárnyalatú és a színes képek között a felhasznált színcsatornák számában mutatkozik meg. Egy többcsatornás képből úgy kaphatunk egycsatornást, hogy a különböző alapszínekhez tartozó információkat valamilyen módon kombináljuk, több értékből egyetlen értéket számítunk ki.

A Melanóma Detektor a vörös színt 11,4%-ban, a zöldet 58,7%-ban, a kékét pedig 29,9%-ban használva „keveri ki” a fényesség értéket. Ezeket a mennyiségeket a fejlesztés során próbálgatással határoztuk meg, a felhasznált teszt képek mindegyikén megfelelőek voltak, további kutatásokkal még inkább pontosíthatók lehetnek.

2.6.3. Fényerő és kontraszt módosítása

Feltételezhető, hogy a bemenetként szolgáló kép nem tökéletes minőségű, az pedig szinte biztosra vehető, hogy a készítés során az expozíció nem volt a legpontosabb. Emiatt az előző lépésben előállított szürkeárnyalatú kép valószínűleg nem használja a feketétől a fehérig terjedő teljes fényerő-skálát, de előfordulhatnak túl árnyékos, vagy becsillant foltok is a képen, melyek csak zavarják a helymeghatározást. Az ilyen haszontalan információ figyelmen kívül hagyható, ezt a szürkeárnyalatú kép hisztogramjának elemzésével, majd a fényesség értékek módosításával érhetjük el.

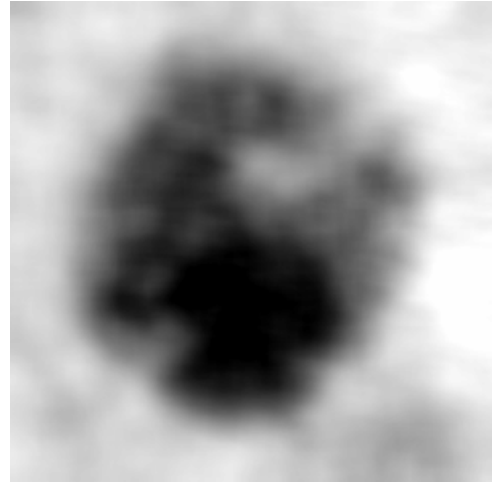
A fekete és fehér zavaró foltok eltávolításához elég, ha ezeket a képpontokat figyelmen kívül hagyjuk – ezt a hisztogram szűkítésével tudjuk elérni. A szoftverben a sötét és világos tartományokhoz megadhatunk egy-egy százalékos értéket, ezek alapján a fényesség tartomány megfelelő részeit elhagyva a hisztogram széthúzásával látványosan javíthatunk a képmínőségen. A szürkeárnyalatú kép alapján meghatározzuk a képen használt legsötétebb és legvilágosabb értékeket, illetve a köztük lévő tartományt – egy 8 bites egyszínű képen ezek az értékek 0 és 255 közé esnek. A szélsőértékeket a használt tartomány szélességének megadott

százalékaival módosítjuk, így egy olyan szűkebb tartományt kapunk, melyben már nem szerepelnek az eredeti kép legsötétebb és legvilágosabb színei.

A további számítások megkönnyítése érdekében szükség van arra is, hogy az új szélsőértékek alapján módosítsuk az összes képpont fényesség értékét úgy, hogy a legsötétebb árnyalat a 0, a legvilágosabb pedig a 255 értéket kapja. Ezt a következő számítással érhetjük el:

$$c' = (c - \min) \cdot (255 / (\max - \min)),$$

ahol min -nel a legsötétebb, max -szal pedig a legvilágosabb használt árnyalatot jelöljük.



2.6.4. Bináris képpé alakítás

Egy szürkeárnyalatú képből nagyon egyszerűen kaphatunk bináris képet – a fényesség tartományból kiválasztunk egy értéket, és az ez alattiakat 0-ra, az e fölöttieket pedig 1-re változtatjuk. A küszöbértéket felvevő képpontok esetében dönthetünk, hogy azok hová tartozzanak. Az eljárás nehézségét egyedül a küszöbérték meghatározása jelenti.



A Melanóma Detektor a JAI függvénykönyvtár beépített eszközeit használja a küszöbérték kiszámításához. A JAI több különböző számítási módot is implementál, a szoftverben a felhasználó 5 közül – *iterative bisection*, *maximum entropy*, *maximum variance*, *minimize error* és *minimize fuzziness* – választhat.

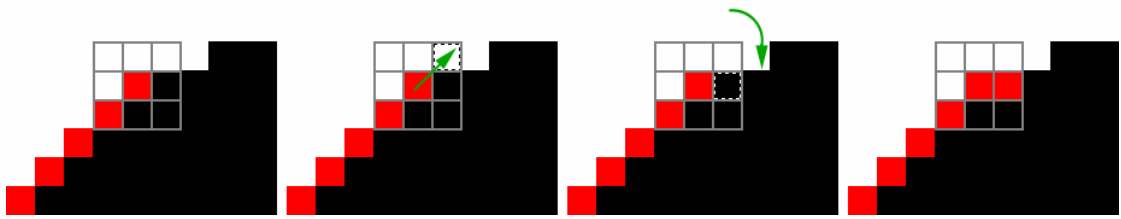
2.6.5. Körvonal meghatározása a bináris képen

A bináris kép előállításával megkaptuk, hogy mely képpontok alkotják a melanómát, és melyek tartoznak a háttérhez, a további elemzésekhez viszont a melanóma körvonalát alkotó pontokra van szükségünk. Feltételezhetjük, hogy a feldolgozandó képeken a vizsgálni kívánt terület a kép középső részén található, de legalábbis nem érinti a kép széleit. Ha ez a feltétel nem teljesül, az elemzés valószínűleg pontatlan eredményeket fog adni.



A körvonal meghatározásához először is meg kell állapítanunk, hogy a bináris képen melyik érték jelenti a háttérét és melyik a melanómát. Mivel feltételeztük, hogy a kép széle a háttérhez tartozik, ezért a bal-felső sarokban levő pont értéke fogja a háttérét jelenteni, az ellentétes érték pedig a melanómát. A körvonalat a következő módszerrel határozzuk meg.

A bal-felső sarokból indulva megkeressük az első nem-háttér képpontot. A határvonal pontjai egymás szomszédjai lesznek, méghozzá 8 szomszédi viszony szerint – ez 8 irányt jelent. Egy pontból a következőbe úgy jutunk el, hogy megvizsgáljuk azt a következő pontot, amely ugyanabban az irányban helyezkedik el, mint amilyen irányban az adott pontba jutottunk. Ha ez a pont a melanóma egy pontja, akkor az óramutató járásával ellentétes irányba indulva megkeressük az első háttérhez tartozó pontot, és az ezt megelőző melanómához tartozó pont lesz a következő pontja a határvonalnak. Ha az adott irányban vett következő pont a háttérhez tartozik, akkor pedig az óramutató járásával megegyező irányba indulva keressük az első melanóma pontot, és ez lesz a határvonal következő pontja. Mindkét esetben megjegyezzük az irányt, amerre haladva eljutottunk ehhez a ponthoz, és a módszer ismétlésével sorra megkeressük az összes határoló pontot. Egészen addig folytatjuk a keresést, amíg a kezdőpontba vissza nem jutunk.



4. ábra - A körvonal meghatározásához használt algoritmus egy lépéssorozata

Egy túlságosan szabálytalan körvonal meghatározása során elképzelhető, hogy a fenti algoritmus végtelen ciklusba kerül, ugyanazt a szakaszt járja be többször egymás után, bár az irányok figyelembe vétele miatt ennek valószínűsége igen csekély. Ezt elkerülhetjük úgy, hogy minden pontnál figyeljük, hogy szerepelt-e már a körvonalban, és ha igen, akkor megállunk, és a kapott vonalat elvetjük, mint lehetséges körvonalat, ám ez egy nagyfelbontású képnél nagyon sok plusz vizsgálatot követelne meg minden lépésben, ami jelentős sebességcsökkenéshez vezet. A Melanóma Detektor implementálása során a Java nyelv kivételkezelésére hagyatkoztunk e kérdés megoldása során – a körvonal pontjait mindenfajta vizsgálat nélkül határozzuk meg és tároljuk egészen addig, amíg a rendszer memória kapacitása ezt lehetővé teszi. Ha elfogy a tárhely, a Java virtuális gép egy kivételt fog generálni, melyet „elkapva” a határvonalat elvetjük.

A bemenő kép minősége miatt előfordulhat, hogy a bináris képen olyan területek is a melanómához tartozónak lesznek jelölve, amelyek valójában a háttérhez tartoznak, ezek azonban valószínűleg jóval kisebbek lesznek, mint a melanóma. Éppen ezért szükséges, hogy a képen minden lehetséges körvonalat meghatározzunk. Ha az előállított pontsorozatot elvetettük, mint lehetséges határvonalat, akkor csak az őt alkotó pontokat, ha viszont a sorozat valós körvonalat jelent, akkor az általa körbefogott összes pontot háttér színűre változtatjuk. Ezután új határvonalat keresünk, majd ezt is „töröljük”, háttér színűre változtatjuk. A keresést egészen addig folytatjuk, míg van a képen melanómához tartozó pont. A lehetséges körvonalak közül a leghosszabbat tekintjük a melanóma határvonalának.

2.7. Az ABCDE módszer alkalmazása

A melanóma körvonalának meghatározása után azt hihetnénk, hogy az elemzés nehezen már túl vagyunk. Nos, egy tapasztalt bőrgyógyász számára ez már igen nagy segítséget jelent, ám egy hozzá nem értő ember számára közérthető, konkrét információt kell nyújtani – a kapott pontsorozatot további elemzéseknek kell alávetni, hogy valamilyen algoritmus vagy matematikai összefüggés alapján a határvonal tulajdonságait számszerűen le tudjuk írni. Sajnos általánosan használt algoritmusok, módszerek nem állnak rendelkezésünkre, ezeket saját magunknak kell kitalálnunk, megalkotnunk.

2.7.1. Aszimmetria

Egy pontsorozatról megállapítani, mennyire szimmetrikus körvonalat ír le, első látásra egyszerű feladatnak tűnik – és egy emberi vizsgáló számára az is –, egy számítógép viszont mindenféle intuíció nélkül csupán valamilyen algoritmus alapján tud kiszámítani bizonyos értékeket. A szimmetria meghatározásához először is el kell dönteni, hogy tengelyes vagy középpontos szimmetria szerint vizsgáljuk-e az alakzatot.

2.7.1.1. Középpontos szimmetria

A középpontos szimmetria esete tűnik egyszerűbbnek. Ehhez először meg kell határozni az alakzat középpontját a körvonal pontjai alapján. Erre egy egyszerű átlagolást használunk, az összes határoló pont megfelelő koordinátáit összegezzük, majd elosztjuk a pontok számával, így megkapjuk a középpontot jelentő koordináta párt.

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^n x_{p_i}}{n}; \quad y_c = \frac{\sum_{i=1}^n y_{p_i}}{n}$$

A fenti képletekben x_c és y_c a középpont koordinátáit, n a körvonal pontjainak számát, x_{p_i} és y_{p_i} pedig az i -edik határpont megfelelő koordinátáit jelöli.

A középpontos szimmetriát úgy értelmezzük, hogy a határvonal összes pontját tükrözzük a középpontra, és az így kapott tükörképet összehasonlítjuk az eredeti alakzattal. Ez a módszer számítógépen is egyszerűen implementálható, ám a hagyományos euklideszi koordinátákkal számolni bonyolult lenne, a tükrözés egyszerű végrehajtásához jobb, ha polárkoordinátákat használunk. Az áttérés a körvonal és a középpont koordinátáinak ismeretében nagyon egyszerű, az irányszöget a

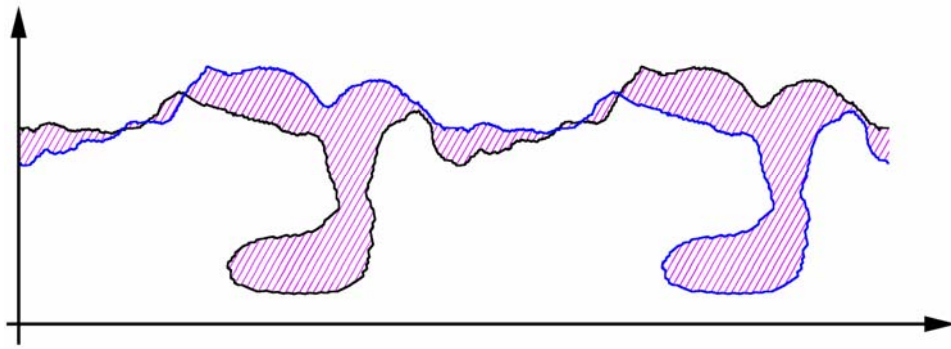
$$\theta = \tan^{-1} \frac{y_p - y_c}{x_p - x_c}$$

összefüggésből kapjuk, a távolságot pedig az

$$r = \sqrt{(y_p - y_c)^2 + (x_p - x_c)^2}$$

képlet alapján határozhatjuk meg, ahol (x_p, y_p) a határvonal egy pontjának euklideszi koordinátáit jelenti.

A kapott polárkoordináta sorozatot az irányszögek alapján rendezzük, majd az első ponttól indulva a következő műveleteket hajtjuk végre: A kijelölt pont irányszöge alapján megkeressük a hozzá tartozó „tükörképét”, azaz az irányszöget 180 fokkal elforgatva a pontthalmazból kiválasztjuk a tényleges tükörképhez adott irányban legközelebb eső pontot. Ezt a határvonal minden pontjára elvégezzük, majd kiszámoljuk a kapott pontpárok középponttól mért távolságai különbségének négyzetösszegét. Azért van szükség a négyzetre emelésre, mert amúgy a pozitív illetve negatív különbségek kiolthatnák egymást, a szimmetria vizsgálathoz pedig minden eltérést figyelembe kell vennünk. Ha a polárkoordináta párokat ábrázoljuk egy olyan koordináta rendszerben, ahol a vízszintes tengely az irányszögeket, a függőleges pedig a középponttól mért távolságokat mutatja, a körvonalat és 180 fokkal elforgatott képét egymásra rajzolva szabad szemmel is jól láthatjuk a középpontos szimmetria szerinti eltéréseket.



5. ábra - Az eredeti és a középpontra tükrözött alakzat határvonalai közti eltérés

A matematika nyelvén megfogalmazva a középpontos szimmetria kiszámításához adott a $p(r, \theta)$ polárkoordináták p_1, p_2, \dots, p_n sorozata. Egy adott p pont p' tükörképét úgy határozhatjuk meg, hogy a sorozatból kiválasztjuk azt a pontot, melyre a

$$(\theta_{p'} - \theta_p) = 180^\circ + \varepsilon$$

szerinti ε érték, valamint az $|r_{p'} - r_p|$ különbség a lehető legkisebb. Az eltérés területét pedig a következőképp határozhatjuk meg:

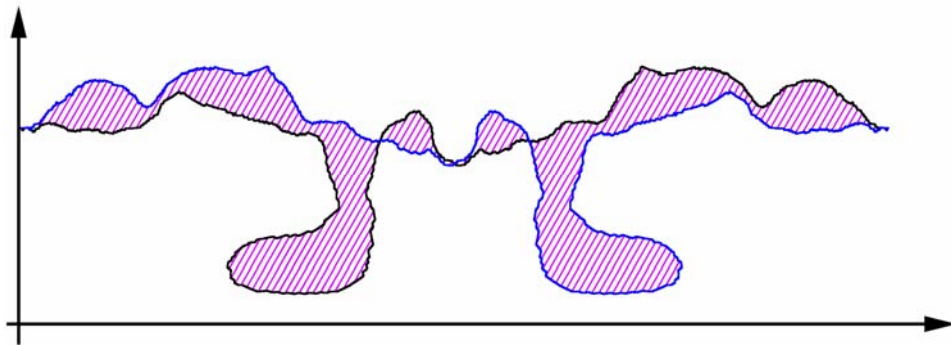
$$T_{\Delta_c} = \sum_{i=1}^n (r_{p'_i} - r_{p_i})^2$$

A kapott négyzetösszeg már egy megfelelő érték ahhoz, hogy a középpontos szimmetriára vonatkozóan e szerint állapítsunk meg valamit, ám több melanóma összehasonlítása során a bemenő képek méretkülönbségei miatt ez még igen pontatlan információt ad. Egy nagyobb felbontású képen a határvonal jóval több pontból állhat, mint egy kisebb kép esetén, így természetesen a négyzetösszeg is nagyobb lesz, holott lehet, hogy a hozzá tartozó melanóma sokkal szimmetrikusabb, mint a kis képen levő. Emiatt a számítás során valahogy figyelembe kell vennünk a határvonal pontjainak számát, azaz a kép illetve a melanóma méretét – jelenleg ezt a határvonal pontjai számának négyzetével történő osztással valósítjuk meg.

2.7.1.2. Tengelyes szimmetria

A tengelyes szimmetria kiszámítása annyiból nehezebb feladat a középpontos szimmetria számításánál, hogy itt a tengelyt is nekünk kell meghatároznunk. Ez úgy történik, hogy az összes lehetséges tengelyre kiszámítjuk a szimmetria értékét, és amelyik legkisebb értékhez tartozik, az lesz a szimmetriatengely. Sok felesleges számolást spórolhatunk meg azzal, ha a mindenkor minimális szimmetria értéket tároljuk, és ha a számítások során egy bizonyos tengelynél ezt az értéket túlléptük, az adott tengelyt azonnal eldobjuk és vesszük a következőt.

A szimmetria értéket a középpontos szimmetriához hasonlóan a pontpárok középponttól mért távolságai különbségének négyzetével határozzuk meg. Az ott használt irányszög-távolság koordináta rendszert használva ismét ábrázolhatjuk a különbségeket, de most a körvonal pontjait a tengely szerint kell kettéosztani. Belátható, hogy egy szimmetria tengely az alakzat körvonalát mindössze két pontban metszi – az egyik metszéspontból ellentétes irányba indulva a két fél határvonal szakasz felrajzolása után ismét jól látszanak az eltérések.



6. ábra - Az eredeti és a vízszintes tengelyre tükrözött alakzat határvonalai közti eltérés

A számítás matematikai leírása majdnem teljesen egyezik a középpontos szimmetriánál látottakkal, az egyetlen különbség a pontpárok meghatározásánál adódik, mely során adott p pont p' tükörképét úgy választjuk ki, hogy a

$$(\theta_{p'} - \alpha) + (\theta_p - \alpha) = 360^\circ + \varepsilon$$

szerinti ε érték a lehető legkisebb legyen. A képletben használt α szög a szimmetriatengely vízszintessel bezárt szögét jelöli.

A kiszámított különbség négyzetösszeget a középpontos szimmetriánál tárgyalt méretkülönbségek miatt szintén elosztjuk a körvonal pontjai számának négyzetével, így több melanóma összehasonlítása során is használható értéket kapunk.

A szimmetria numerikus értékét úgy értelmezhetjük, hogy ha az nullához közelít, a melanómát szimmetrikusnak, ellenkező esetben aszimmetrikusnak, és egyben veszélyesnek tekintjük.

2.7.2. A körvonal összetettsége

A körvonal összetettsége elég homályos, definiálatlan fogalom, megállapítására nem létezik általánosan elfogadott módszer. Gyakorlatban a vizsgálatot végző orvos saját szubjektív véleménye alapján pusztán a látványból meg tudja állapítani, mennyire szabályos illetve szabálytalan az anyajegy határvonala. Egy számítógépen futó programnak viszont muszáj algoritmikus számítások után valamilyen számszerű információt nyújtania, amellyel akár több különböző anyajegy között is felállíthatunk egy pontos sorrendet.

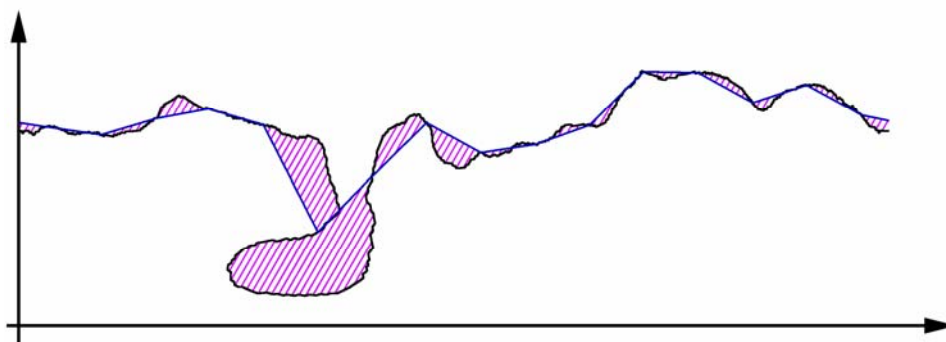
Egy szabályos anyajegy formája körhöz vagy ellipszishez hasonlít. A kórosan elváltozott melanómákon viszont különböző oldalirányú kinövések lehetnek, így kézenfekvő, hogy ezeket az eltéréseket vizsgáljuk. A szimmetria vizsgálatnál használt polárkoordinátáknak, illetve az ábrázolásukhoz használt koordináta rendszernek itt is jó hasznát vesszük – egy kör pontjait így ábrázolva például egy vízszintes egyenest kapunk.

A szabályostól való eltérés kiszámításához szükség van a szabályos síkidom meghatározására. Ez történhet úgy, hogy a polárkoordináták középponttól vett távolság értékeit átlagoljuk, és veszünk egy ekkora sugarú kört. Mivel azonban a kör alakú anyajegyekhez képest jóval több ellipszishez hasonlóval találkozunk, ezért ez a módszer igen pontatlan eredményeket adna. Egy ellipszis meghatározása pedig bonyolult feladat lenne, ezért mi a következő módszert alkalmazzuk:

A melanómát egy sokszöggel – estünkben tizenhatszöggel – közelítjük. Fontos megjegyezni, hogy a csúcsok számát túlságosan nagyra választva a sokszög egyre jobban rásimul a

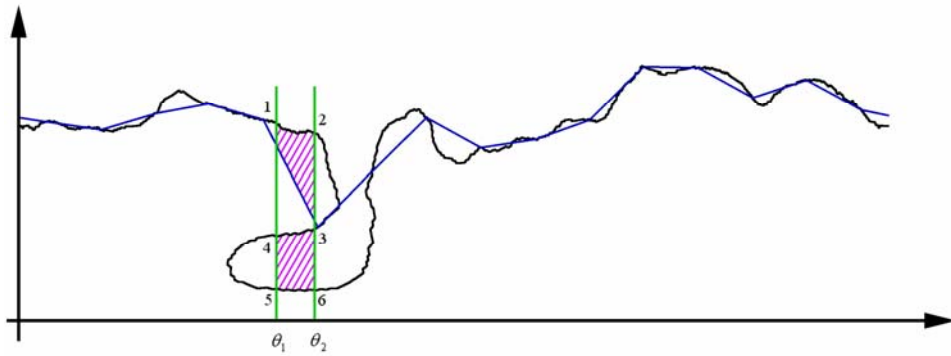
körvonalra, ugyanolyan szabálytalanná válik, így vele összehasonlítva igen kis eltéréseket fogunk tapasztalni, az eredmények használhatatlanok lesznek. Első lépésként meghatározzuk az előbb már említett középponttól vett átlagos távolságot, majd a középpontból kiindulva a szabályos sokszög csúcsainak irányába félegyeneseket indítunk. Ezek elmetszik a melanóma határvonalát, és ezek a metszéspontok lesznek a sokszög csúcspontjai. Mivel a határvonal konkáv alakzatot is körbefoghat, ezért elképzelhető, hogy egy félegyenes több pontban is metszi azt. Ekkor vesszük figyelembe a középponttól vett átlagos távolságot, és az ehhez legközelebb eső metszéspont lesz a csúcspont.

A még pontosabb eredmény érdekében a polárkoordináta-rendszerben fogunk dolgozni – ha itt ábrázoljuk a kapott csúcspontokat, és ezeket egyenes szakaszokkal kötjük össze, akkor ha a kapott sokszöget „visszavetítjük” az euklideszi síkba, az oldalait ívek alkotnák. Ezzel a módszerrel a melanómába írt sokszög jobban fog hasonlítani egy ellipszisre.



7. ábra - A melanóma és a közelítő síkidom határvonalai közti eltérés

Az eltérések területének meghatározásához sorra vesszük a határvonal pontjait a sokszög egy csúcsától a következő felé haladva. Két egymást követő pont, valamint a sokszög oldalán ugyanilyen elforgatási szöggel rendelkező képeik egy trapézt határoznak meg, melynek területe jelenti az eltérést. A pontpárokat sorra véve a trapézok területének összegzésével megkapjuk a teljes eltérés területét. Előfordulhat, hogy a körvonal „visszafordul”, ekkor a trapéz területét ki kell vonnunk az összegből.



8. ábra - Az eltérés kiszámításához használt trapéz területek

A 8. ábrán 1-től 6-ig egymás után következő pontokat jelöltünk ki a határvonalon, a berajzolt területeket pontpáronként fogjuk kiszámítani. Vegyük az 1-es és 2-es számú pontot. (Itt jegyeznénk meg, hogy a számítógépes implementációban ezek a határvonal szomszédos pontjai lesznek, most csak a láthatóság kedvéért választottunk távolabb eső pontokat.) A hozzájuk tartozó θ_1 , θ_2 , r_1 és r_2 értékek adottak. Meghatározzuk az ábrán kék szakaszokkal jelölt közelítő sokszög ugyanilyen elforgatással vett pontjait, melyek a kék és zöld szakaszok metszéspontjaiba esnek. Az éppen aktuális szakasz végpontjait $A(r_A, \theta_A)$ -val illetve $B(r_B, \theta_B)$ -vel jelölve egy pont vetületének r' koordinátáját a következő módon számolhatjuk ki:

$$r' = r_A + \frac{r_B - r_A}{\theta_B - \theta_A} \cdot (\theta - \theta_A)$$

A pontok képeihez tartozó távolság értékeket jelölje r_1' és r_2' . Az eltérést leíró trapéz területét a következő képlet adja meg:

$$T = \frac{|r_1 - r_1'| + |r_2 - r_2'|}{2} \cdot (\theta_2 - \theta_1)$$

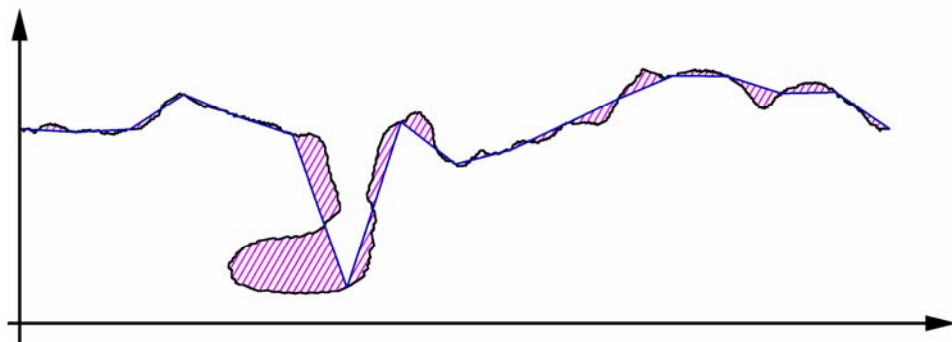
Mint látható, a képlet alapján a kiszámított terület negatív értéket is felvehet, ahogy teszi azt a 3-as és 4-es pont esetén. Ez az eltérések összegzésénél fontos szerepet játszik, az ábrán is jól látható, hogy a 3-as és 4-es pontokkal kapott negatív, majd a későbbiek során az 5-ös és 6-os

pontok között kiszámított pozitív területek összegzése pontosan a 3, 4, 5, 6 pontok által meghatározott trapéz területét adja. A határvonal és a beírt sokszög közötti különbségek teljes területét tehát a következő képlettel kapjuk:

$$T = \sum_{i=1}^n \frac{|r_i - r_i'| + |r_j - r_j'|}{2} \cdot (\theta_j - \theta_i), \text{ ahol } j = (i+1) \bmod n$$

A kiszámított eltérés területe elegendő számszerű információt ad, viszont most is szükség van a melanóma méretének figyelembevételére. Ezt egyszerűen úgy tehetjük meg, hogy az eltérések területét elosztjuk a beírt sokszög területével, így különböző nagyságú anyajegyek között is fel tudunk állítani egy sorrendet határvonaluk összetettsége alapján.

A sokszög csúcsainak meghatározásánál a félegyenesek irányait tetszőlegesen választhatjuk meg. A különféle kiválasztások miatt előfordulhat, hogy egyik esetben az összetettség érték kicsi, míg egy másik esetben viszonylag nagy lesz. Ennek elkerülése végett a sokszöget az összes lehetséges elforgatással meghatározzuk, a kapott értékeket pedig átlagoljuk.



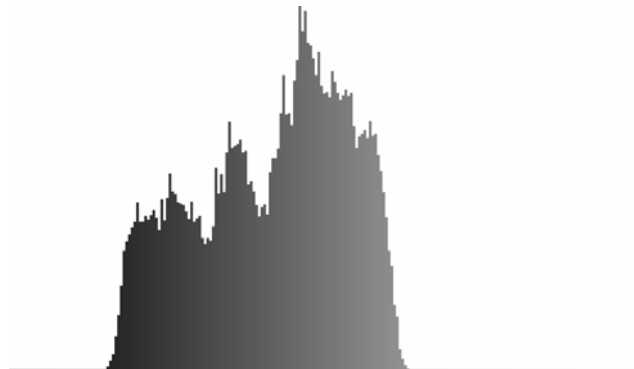
9. ábra - A melanóma és egy más elforgatással vett közelítő síkidom határvonalai közti különbség

Az összetettség érték jelentése hasonló a szimmetriánál tárgyaltakhoz. Ha ez az érték nullához közelít, a melanómát szabályosnak, nagyobb értékek esetén szabálytalannak tekintjük.

2.7.3. Színösszetettség

Egy egészséges anyajegy egyetlen, a bőr színétől eltérő árnyalatból áll. A melanóma egyik ismérve lehet, hogy több különböző árnyalatot is találhatunk a területén, az egész világotól a sötétig. Az árnyalatok felismerése számítógéppel sem nehéz feladat, a hisztogram alapján a főbb színek könnyedén meghatározhatók.

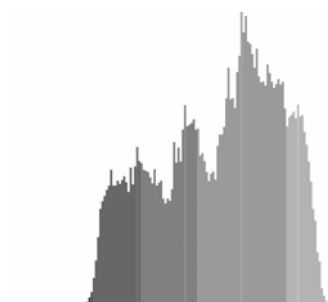
Első lépésként itt is egy konvolúcióval kezdünk, de most egy kisebb konvolúciós magot választunk, így a különböző árnyalatokat jobban megőrizzük, a zavaró képzajt viszont kiszűrhetjük. Ezután egy szürkeárnyalatú képet állítunk elő a körvonal meghatározásakor már ismertetett módon. A színek keverési arányát kézzel is megadhatjuk, ám lehetőség van egy automatikus keverésre is, ahol a színt komponensek hisztogramjainak súlyozott közepei fogják jelenteni a keverési arányokat.



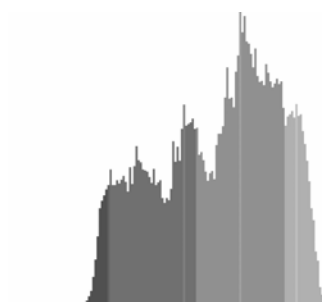
10. ábra - A fényesség értékek által meghatározott hisztogram

A szürkeárnyalatú kép előállítás után következik az árnyalatok számának meghatározása. Itt is a hisztogram lesz a kiinduló pont, ám most a képnek csak a melanómához tartozó részét vesszük, ott számoljuk össze az egyes árnyalatokhoz tartozó képpontokat. Az alapötlet az, hogy vesszük a leggyakoribb árnyalatot – ez a hisztogram képén a legmagasabb csúcsot jelenti –, valamint ennek bizonyos méretű környezetét. Az így kapott színtartomány lesz a leggyakoribb árnyalat. Ezt a területet figyelmen kívül hagyva ismét megkeressük a legmagasabb csúcsot és annak környezetét, ez lesz a második leggyakoribb árnyalat, és így tovább egészen addig, amíg a teljes hisztogramot fel nem dolgoztuk.

Az árnyalat-tartományok meghatározására a programban kétféle módszer közül választhatunk. Az egyik veszi a legmagasabb csúcsot, majd ettől jobbra és balra a tartomány szélességének legfeljebb felére terjeszti ki azt. A másik módszer pedig úgy végzi a kiterjesztést, hogy mindkét irányban párhuzamosan növeli a tartományt, amíg az el nem éri a kívánt szélességet, illetve amíg lehetőség van rá.



11. ábra - Az 1-es módszerrel kapott árnyalatok



12. ábra - A 2-es módszerrel kapott árnyalatok

Az árnyalat-tartományok meghatározása után a hisztogram alapján nagyon egyszerűen kiszámítható, hogy az egyes tartományokhoz a melanóma mekkora területe, a kép hány pontja tartozik. Ezután a legnagyobb területű tartományt fogjuk 1 egységnek tekinteni, a többi árnyalatot pedig azok területei alapján arányosan vesszük figyelembe. Így a kisebb foltok, esetleges képhibák, becsillanások nem fogják jelentősen befolyásolni az eredményeket.

2.7.4. Átmérő

A melanóma méretének meghatározása igen fontos szempont, és nem is tűnik túl bonyolult műveletnek. Első gondolatként logikus megoldásnak tűnhet megkeresni a középponttól ellentétes irányban legtávolabb eső két pontot, ám egyáltalán nem biztos, sőt, igen valószínű, hogy ezek távolsága nem a melanóma tényleges nagyságát adja majd meg.

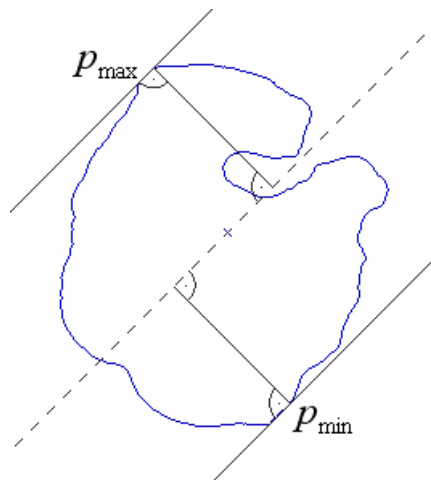
A számítási algoritmus alapját a köznapi életből vett ötlet képezi, mégpedig a tolómérő, mely a tárgyak méretének meghatározására készített szerszám. Matematikai nyelvre lefordítva tehát a határvonalat két párhuzamos egyenessel fogjuk érintőlegesen körbejárni, és a köztük mért legnagyobb távolság adja meg a melanóma méretét.

Kezdetben vesszük a polárkoordinátákat, valamint a párhuzamos egyenesek irányát meghatározó szöget. Ezzel az irányszöggel felvesszünk egy a középponton áthaladó egyenest, majd megkeressük azt a két pontot, mely az egyenes két oldalán attól a legtávolabb helyezkedik el. A kapott pontokat összekötő szakaszt 90° -kal elforgatva megkapjuk az új irányszöget, melyre szintén elvégezzük a számítást egészen addig, amíg ennek a szakasznak a hossza nő.

A matematika nyelvén legyen a kezdeti irány α . Az ilyen szögben a középponton átmenő egyenestől egy $p(r, \theta)$ pont távolságát a

$$d = r \cdot \sin(\theta - \alpha)$$

összefüggéssel számíthatjuk ki. A távolság értékek minimumánál és maximumánál levő pontok legyenek $p_{\min}(r_{\min}, \theta_{\min})$ és $p_{\max}(r_{\max}, \theta_{\max})$. Az alábbi ábrán az α szöget 45° -ra választva határoztuk meg a pontokat.



13. ábra - Minimum és maximum pontok a 45° -os szögben álló egyenes alapján

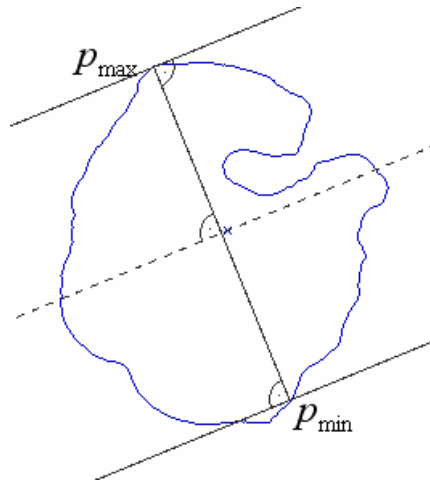
A következő lépésnél használt α szög a kapott pontokat összekötő szakaszra merőleges egyenes irányszöge lesz. A szakasz irányszögét a végpontok euklideszi koordinátaiból egyszerűen kiszámíthatjuk a

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{y_{\max} - y_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

képlet segítségével.

A polár- és az euklideszi koordináták közötti összefüggések használatával, valamint az elforgatást is figyelembe véve az új irányszög tehát

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{r_{\max} \cdot \sin \theta_{\max} - r_{\min} \cdot \sin \theta_{\min}}{r_{\max} \cdot \cos \theta_{\max} - r_{\min} \cdot \cos \theta_{\min}} + 90^\circ .$$



14. ábra - A minimum és maximum pontokon az új irányban áthaladó egyenesek

Mint az a 14. ábrán is látható, az új irányszöggel a p_{\min} ponton áthaladó egyenes metszi a határvonalat, azaz van olyan egyenes, amely ezzel – és egyben az új irányegyenessel is – párhuzamos, viszont a p_{\max} ponttól távolabb esik. Az algoritmust az új α szöggel előlről kezdjük, és tesszük ezt egészen addig, amíg a minimum és maximum pontok irányegyenesétől mért távolságainak összege növekszik.

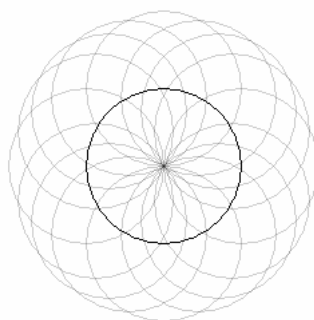
Ezzel a módszerrel nagyon sok számolást megspórolunk, hiszen a képzelt párhuzamos egyeneseket nem forgatjuk minden irányba, hanem csak arra, amerre a tőle legmesszebb eső pontok távolsága növekszik. Emiatt viszont előfordulhat, hogy kezdetben rossz irányt határozunk meg, és az algoritmus megáll a melanóma méreténél kisebb értéknél. Ennek kiküszöbölésére a párhuzamos egyenesek irányát 45, 90 és 135 fokkal elforgatva is elvégezzük a számítást, így már biztos, hogy megtaláljuk a határvonal két legtávolabbi pontját.

A méret meghatározásánál mindig fontos szempont, hogy mihez viszonyítjuk azt. Pusztán a bemenő kép alapján sajnos semmiféle információ nem áll rendelkezésünkre arról, hogy a kép milyen messziről, mekkora fókusz távolsággal készült. (Elképzelhető, hogy a modernebb digitális fényképezőgépek a képhez csatolt úgynevezett EXIF információk között tárolják ezeket, így lehetne hivatkozni a megfelelő értékekre, de mivel nem minden fényképezőgép képes erre, a szoftver használhatóságának szempontjából egy ilyen berendezés meglétét nem követelhetjük meg.) Ezért szükség van arra, hogy a képen valamilyen referenciát helyezzünk el, amivel később összevethetjük a kapott értéket. A legegyszerűbb egy, a bőr színétől eltérő, zöld színű kör használata, melynek felismerése és méretének meghatározása is viszonylag egyszerű feladat.

2.7.4.1. Hough kör detektáló algoritmus

Kör alakú objektumok felismerésére már létezik elfogadott, jól használható módszer. Adott sugarú kör középpontját a körpontok alapján nagyon egyszerű meghatározni, ha a kör definícióját visszafelé értelmezzük. Mivel a kör a sík egy pontjától egyforma távolságra lévő pontok halmaza, ezért a középpontjáról elmondható, hogy a körvonal összes pontjától pontosan a sugárnak megfelelő távolságban van. Az algoritmus tehát a következőket mondja:

Ha ismerjük a kör pontjait és sugarát, felvesszük az összes körponttól a sugárral megegyező távolságban lévő pontokat – így egymást metsző köröket kapunk. Az a pont lesz a keresett középpont, melyben a legtöbb kör metszi egymást. Ez az algoritmus használható a kör belső pontjainak ismeretében is, de akkor is, ha csak a körvonal pontjai adottak, sőt, már viszonylag kisszámú körpont esetén sikeresen alkalmazható.

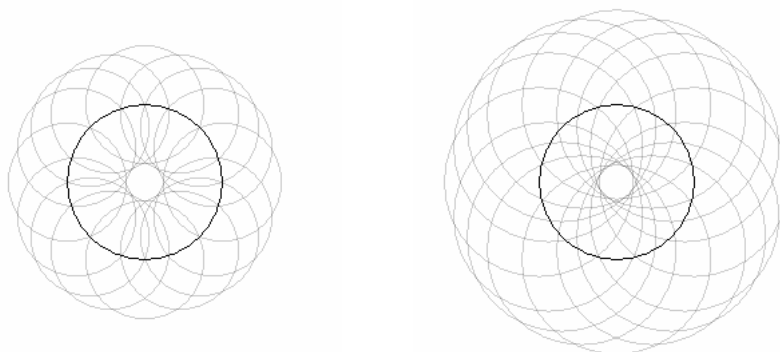


15. ábra - Hough algoritmus alkalmazása ismert sugár esetén

Mint látható, az algoritmus alkalmazásához szükség van egy adott sugárra, viszont pont ez az, ami a Melanóma Detektor bemenő képein nincs megadva. A Hough algoritmus egyszerű bővítésével azonban ez a probléma is megoldódik.

2.7.4.2. A Hough algoritmus módosítása ismeretlen sugarú kör meghatározására

Ismeretlen sugarú kör meghatározásához egész egyszerűen kijelölünk egy lehetséges legkisebb és legnagyobb sugarat, majd az ezek között lévő tartomány összes értékére alkalmazzuk az alap algoritmust, és megjegyezzük azokat a helyeket, ahol a legtöbb körív metszi egymást, az ahhoz tartozó ívek számát, valamint a hozzájuk tartozó sugarakat. Az így kapott számnégyesek (x és y koordináta, ívek száma, sugár) közül kiválasztjuk azt, ahol az egymást metsző ívek száma a legnagyobb. A keresett kör középpontját az ehhez tartozó koordináták, a sugarát pedig megjegyzett sugár érték fogja megadni.



16. ábra – Hough algoritmus a kellenél kisebb illetve nagyobb sugárra

A referencia kör felismerésével, sugarának meghatározásával már van mihez viszonyítani a melanóma méretét, így pontosabb diagnózist tudunk adni annak veszélyességéről. A szoftver nem követeli meg a referencia kör meglétét – ha nem sikerült megtalálni, a melanóma méretét képpontokban fogja megadni, míg ha talált egyet, akkor azt 1 egységnek tekintve ehhez viszonyít.

2.7.5. Fejlődés – jövőbeli megvalósítás

A legfontosabb az ABCDE szempontok közül a melanóma fejlődését, növekedését figyelni. Az állandóság ártalmatlanságot, míg a változás veszélyt sugall. Ennek a figyelése talán a legegyszerűbb az összes szempont közül, ám jelenleg a Melanóma Detektor szoftver ezt nem valósítja meg.

A változások figyeléséhez mindenképp szükséges a korábban történt vizsgálati eredmények megőrzésére. Mivel ezek egyszerű numerikus adatok, bármilyen adatbázisban könnyedén tárolhatók. Fontos lehet még megjegyezni a vizsgálat időpontját, az alany személyét és egyéb tünetekkel kapcsolatos információkat is.

Egy kórházban az ilyen jellegű információ tárolása megoldott, tehát az anyajegyekre vonatkozó adatok sem jelenthetnek gondot. Ilyenkor a vizsgálatot végző orvos szakvéleményével pontosíthatja is a számértékek jelentését, és a nagy esetszám miatt sor kerülhet a szoftverben használt paraméterek megfelelő módosítására is a még jobb eredmények érdekében.

Magáncélra használt készülék, rendszer esetén a tárolandó adatmennyiség jelentősen lecsökken, ám az idő múlásával felhalmozódhat. Ekkor azonban csak arra van lehetőség, hogy a páciens saját maga kövesse figyelemmel a változásokat, és ez alapján esetleg szakorvoshoz forduljon. A szoftverben lehetőség van az eredmények XML fájlba történő mentésére, ekkor az elemzéshez beállított paraméterek is tárolásra kerülnek, így azok bármikor újra elvégezhetők, összevethetők a frissebb eredményekkel.

A bevezetőben már esett szó egy mobiltelefonon futtatható verzió tervéről is. Mivel a telefonok tárhelykapacitása véges, ezért itt nagyobb mennyiségű adattárolásról nem érdemes beszélni. Elképzelhető azonban az, hogy a szoftver kilépéskor megjegyezze az utoljára kiszámított értékeket, majd a következő elemzés során ezekhez hasonlítsa az új adatokat. Továbbá mivel rendelkezésre áll a mobil hálózat, ezt kihasználva egy távoli adatbázisban is tárolásra kerülhetnek az információk, ezzel biztosítva a változások pontos követését.

2.8. A szoftver kezelése

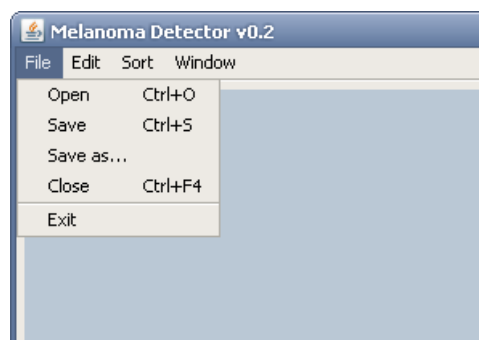
A Melanóma Detektor szoftver használatához semmiféle speciális tudásra nincs szükség, bárki képes kezelni, aki általános felhasználói ismeretekkel rendelkezik. A program a bemenő képeket a beállított paraméterek figyelembe vételével fogja kielemezni, majd az eredményekről numerikus információt szolgáltat. Lássuk, hogy is működik ez!

A szoftver elindítása után a főablak jelenik meg üresen, felül egy menüsorral, az alsó részen pedig füleken elhelyezett eszköztárakkal. Kezdjük először a menüvel:

2.8.1. Menü

2.8.1.1. Fájl menü (File)

A fájl menüben a szokásos pontokkal találkozhatunk. Itt van lehetőség a vizsgálatra szánt képfájlok, illetve az előzőleg elmentett kész elemzések megnyitására (*Open*), az elemzések elmentésére (*Save*, *Save as...*), a belső dokumentumok bezárására (*Close*), illetve a programból való kilépésre (*Exit*).



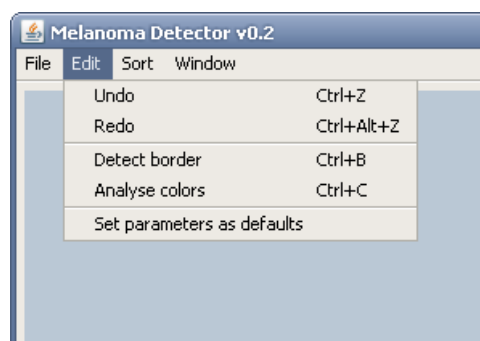
A JAI használata miatt a legnépszerűbb, leginkább elterjedt képformátumokat könnyen kezelhetjük, ezek a következők: BMP, GIF, JPEG, PNG, TIFF és WBMP. Jelenleg a szoftver a JPEG formátumot támogatja, de természetesen az XML fájlokba elmentett elemzések újbóli megnyitására is lehetőség van.

A mentés menüpontok használatával az előbb említett XML fájlokba tudjuk elmenteni az elemzéseket, ilyenkor tárolásra kerül az összes beállított paraméter, az eredmények, valamint az eredeti képfájl neve és a helyi könyvtárstruktúrán belül elfoglalt helye.

A megnyitott képeket a *Close* menüponttal tudjuk egyesével bezárni, míg az *Exit* értelemszerűen a programból való kilépésre szolgál – ekkor lehetőség van az esetleges változások elmentésére is.

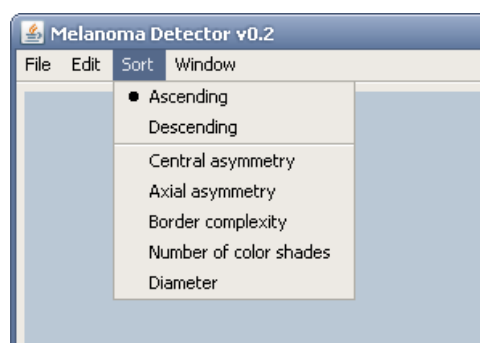
2.8.1.2. Szerkesztés menü (Edit)

A szokásos *Visszavonás (Undo)* és *Újra (Redo)* menüpontokon kívül itt kaptak helyet az elemzést indító parancsok (*Detect border*, *Analyse colors*). Ezen kívül lehetőség van az alapértelmezett paraméterek módosítására is (*Set parameters as defaults*), ekkor az aktuálisan beállított értékek a program mellett egy CONFIG.XML fájlba kerülnek elmentésre, indításkor pedig innen olvassa be őket a szoftver.



2.8.1.3. Rendezés menü (Sort)

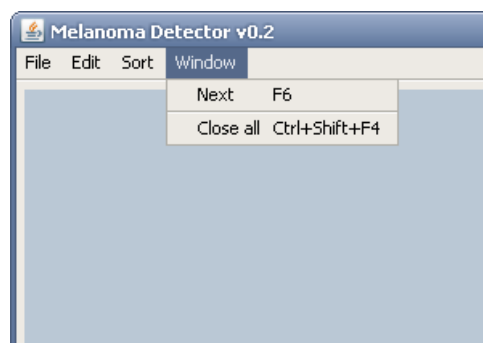
A Melanóma Detektorban lehetőség van több kép együttes vizsgálatára is, a kapott eredményeket pedig az ABCD szempontok szerint rendezhetjük is a könnyebb áttekinthetőség kedvéért. Ebben a menüben állíthatjuk be, hogy növekvő



(*Ascending*) vagy csökkenő (*Descending*) sorrendbe akarjuk-e rendezni az elemzéseket, a szempontok pedig a középpontos- illetve tengelyes aszimmetria (*Central asymmetry*, *Axial asymmetry*), a határvonal összetettsége (*Border complexity*), a színárnyalatok száma (*Number of color shades*), valamint az átmérő (*Diameter*).

2.8.1.4. Ablak menü (Window)

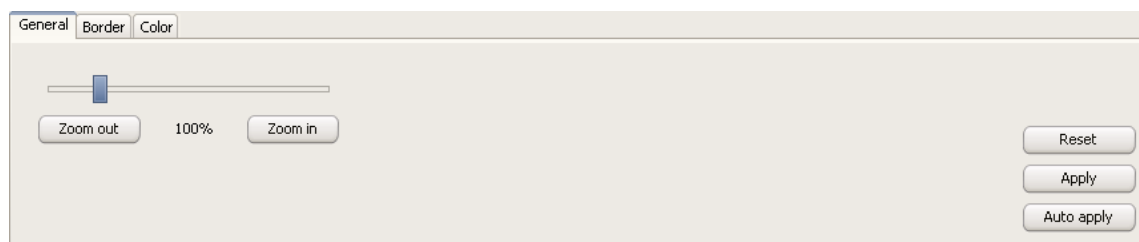
Ebben a menüpontban lehetőség nyílik a megnyitott képek közötti váltogatásra (*Next*), valamint ugyancsak itt tudjuk egyszerre bezárni az összes elemzést a programból való kilépés nélkül (*Close all*). A bezárások során természetesen lehetőség van az esetleges változások elmentésére is.



2.8.2. Eszköztárak

A programban összesen három eszköztár, az *Általános (General)*, a *Körvonal (Border)* és a *Szín (Color)* található meg. Ezek mindegyikén megtalálható három gomb, melyek használatával vissza tudjuk állítani az alapértelmezett paramétereket (*Reset*), el tudjuk kezdeni a megfelelő műveletet (*Apply*), illetve a harmadik gomb (*Auto apply*) megnyomása esetén a paraméterek változtatása után a szoftver automatikusan végrehajtja a megfelelő számítást. Tekintsük át röviden, hogy az egyes kategóriáknál mely paraméterek beállításaira nyílik lehetőség!

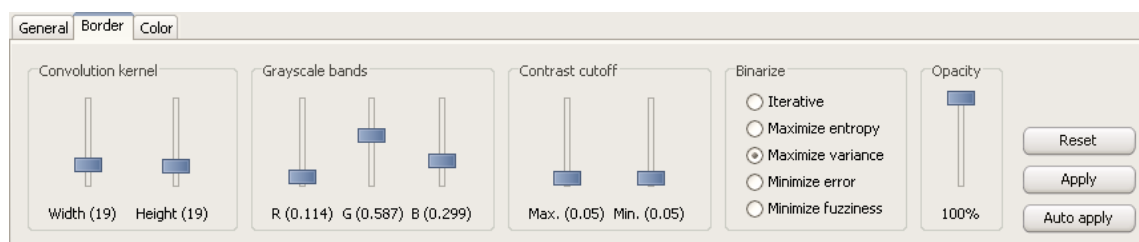
2.8.2.1. Általános eszköztár (General)



Itt a megnyitott képekre vonatkozó általános paramétereket állíthatjuk be. Jelenleg ez csupán a nagyítást jelenti, ahol százalékos értékben adhatjuk meg a kívánt méretet.

2.8.2.2. Körvonal eszköztár (Border)

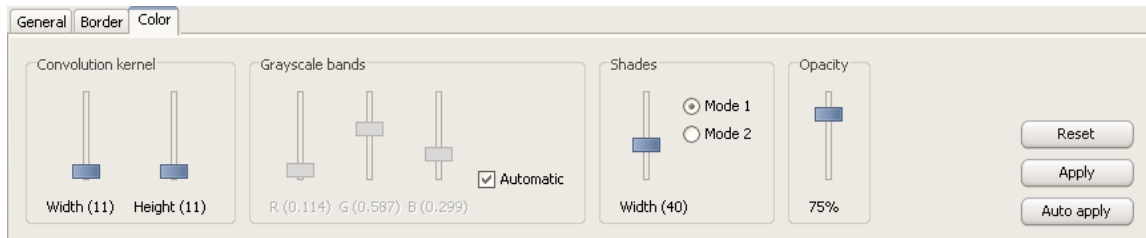
A körvonal meghatározásához szükséges paramétereket állíthatjuk be segítségével.



A konvolúciós mag szélességét és magasságát egymástól függetlenül is megadhatjuk, ám mindkettő csak páratlan értékeket vehet fel, így biztosítjuk azt, hogy a mag origója körül minden irányban egyforma kiterjedésű legyen a számításhoz használt mátrix. A szürkeárnyalatú kép előállításához szükséges keverési arányokat ugyancsak itt határozhatjuk meg, az értékek három tizedesjegy pontossággal 0 és 1 közötti értékeket vehetnek fel. Százalékosan megadhatjuk továbbá azokat az értékeket, melyek alapján a legsötétebb és legvilágosabb színeket el fogjuk hagyni a képfeldolgozás során, kiválaszthatjuk, hogy a kétszínű kép előállításakor melyik módszer alapján számítjuk ki a küszöbértéket, valamint beállíthatjuk azt is, hogy a meghatározott körvonal milyen intenzitással jelenjen meg a kirajzolt képen.

2.8.2.3. Szín eszköztár (Color)

Itt állíthatjuk be a színárnyalatok meghatározásához szükséges paramétereket.



Az árnyalatok meghatározásához használt szürkeárnyalatú kép előállításához szükséges konvolúciós mag méretét a határvonalhoz hasonló módon páratlan értékekkel adhatjuk meg. A színcsatornák keverési arányait kézzel is beállíthatjuk, de lehetőség van azok automatikus kiszámítására is. Az árnyalatszámításhoz használt két módszer közül is itt tudunk választani, valamint beállíthatjuk azt is, hogy a hisztogramon az egyes árnyalatoknak legfeljebb mekkora lehet a szélességük. Végül ennél az eszköztárnál is lehetőség van az eredmények megjelenítési intenzitásának megadására.

2.8.3. Elemzések

A kielemezett képeket a program külön ablakokban jeleníti meg, melyek alján a kiszámított eredmények megmutatására használt fülek találhatók. Ezeken láthatók az általános, valamint az ABCD szempontok szerint kapott numerikus információk. Az eredeti képen ábrázolásra kerülnek a határvonal mellett a meghatározott színárnyalatok, valamint igény szerint a szimmetriatengely is. Az ablak alján található állapotsávon pedig az elemzésre vonatkozó információk kerülnek



kiírásra – innen olvashatjuk le azt, hogy mennyi időbe telt például a színárnyalatok meghatározása, de a feldolgozás során bekövetkező esetleges hibákról is itt kapunk értesítést.

3. Összegzés

Az anyajegyek kóros elváltozásának mihamarabbi felismerése igen fontos a páciens egészségére, de akár az életére nézve is. Mivel hazánkban az orvosok viszonylag kevés ilyen esettel találkozhatnak, valamint a lakosság nagy hányada nem fordít nagy figyelmet a bőre egészségére, ezért a tapasztalatlanság, rutintalanság általános ezen a területen. Pontosabb diagnózis felállításához nyújthat segítséget a Melanóma Detektor, melyet a speciálisan képzett bőrgyógyász szakorvosoktól kezdve a hétköznapi emberekig bárki könnyedén használhat – a rendszer hordozhatóságához, flexibilitásához nem férhet kétség.

A fejlesztés során az általánosan elfogadott ABCDE módszeren alapuló elemzésre próbáltunk valamiféle automatizált, algoritmikus megoldást találni. Bár a felhasznált teszt képek száma igen kevés, az eredmények bizakodásra adnak okot, a rendszer minden esetben olyan eredményeket mutatott, melyek szabad szemmel ellenőrizve megfelelőek voltak. A vizsgálatokat elvégeztük szélsőséges esetekre is, például egy egyszínű szabályos kört ábrázoló képre, a kapott információkat valós esetekkel összevetve jól látszottak a különbségek, illetve beigazolódott a számítások helyessége.

A legfontosabb szempont, a *Fejlődés* viszonylag csekély mértékben került megvalósításra, csupán az elemzések tárolásával nyílik lehetőség arra, hogy egy későbbi időpontban az akkori aktuális eredményekkel összevetve láthassuk a változásokat. Ennek továbbfejlesztése egyszerű feladat, ám nagyban függ attól, hogy milyen környezetben akarjuk használni a rendszert, hogyan csatlakoztathatjuk azt például a már meglévő adatbázisokhoz.

Az elemzéshez használt paraméterek beállítása a kisszámú teszt eset miatt valószínűleg pontatlan, bár az összes általunk használt képre minden számítás megfelelő eredményeket adott. Ahhoz, hogy a paraméterekről statisztikai alapon bármit is mondhassunk, jóval több különböző eset, elemzés szükséges, valamint nagy biztonsággal tudnunk kell ezekről azt is, hogy a képeken egészséges, veszélytelen anyajegy, vagy kórosan elváltozott, veszélyes melanóma látható. Ilyen adatokat csak az erre szakosodott intézményektől, például ausztrál kórházaktól, egészségügyi intézményektől, szervezetektől kaphatunk.

A bevezetőben már említettem, hogy a jövőben elkészülhet egy mobiltelefonokra implementált változat is. Ez jelentős áttörést hozhat, mivel így szinte mindenki saját magán nyomon tudja követni anyajegyeinek változását, saját belátása szerint dönthet arról, hogy felkeres-e egy bőrgyógyász szakorvost vagy sem. Természetesen ez magában hordozza a félrediagnosticsztizálás veszélyét, amely akár végzetes következményekkel is járhat. Éppen ezért a számszerű eredményeket olyan módon kell besorolni, hogy a kétes, enyhén gyanús eseteket is inkább veszélyesnek mutassa – jóval kevesebb kellemetlenséggel jár felkeresni egy szakorvost és megtudni, hogy nincs baj, mint hosszú időn át szenvedni a szövődeményektől, esetleg bele is halni a betegségekbe.

Végzőként kijelenthetjük: nem hátrány, ha az embernél van egy Melanóma Detektor, és amíg a Nap káros sugárzásait nem sikerül visszaszorítani, sajnos valószínűleg szüksége is lesz rá.

4. Irodalomjegyzék

DermLite

<http://www.dermlite.com/whatisdermlite.html>

SolarScan

<http://www.polartechnics.com.au/SolarTech.htm>

FotoFinder dermoscope HD

http://www.fotofinder.de/gb/pr_demo.htm

Java Advanced Imaging API dokumentáció

<http://java.sun.com/products/java-media/jai/forDevelopers/jai-apidocs/index.html>

Hough transzformáció




http://en.wikipedia.org/wiki/Hough_transform





ABCDE módszer

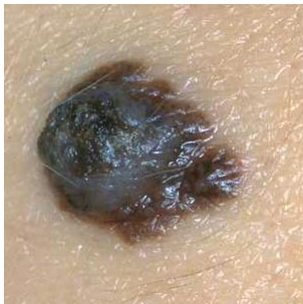

http://www.skincancer.org/self_exam/look_for.php

5. Függelék

5.1. Elemzések eredményei

Kép	Középpontos aszimmetria	Tengelyes aszimmetria	Határvonal összetettsége	Színárnyalatok száma	Átmérő
	1,0802	0,3573	0,0529	1,196	295,24
	0,2067	0,0777	0,0340	2,161	272,34
	1,5292	0,2813	0,0652	2,108	232,48

	0,7581	0,1605	0,0478	1,812	269,36
	0,4656	0,1988	0,0283	1,435	254,07
	0,3507	0,1975	0,0398	2,688	292,83
	0,0235	0,0107	0,0115	2,007	73,17

	0,1782	0,0463	0,0192	1,593	204,79
	0,2294	0,0860	0,0154	1,670	321,28

5.2. Egy elemzésről elmentett XML állomány

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
<Melanoma>
  <version>0.1</version>
  <Image>
    <path>D:\Java\MelanomaDetector\images\abcde-b1.jpg</path>
  </Image>
  <Properties>
    <General>
      <zoom_level>100</zoom_level>
      <auto_apply>0</auto_apply>
    </General>
    <Border>
      <Convolution>
        <kernel_width>19</kernel_width>
        <kernel_height>19</kernel_height>
      </Convolution>
      <Band_combine>
        <red>114</red>
        <green>587</green>
        <blue>299</blue>
      </Band_combine>
      <Contrast>
        <min_cutoff>5</min_cutoff>
      </Contrast>
    </Border>
  </Properties>
</Melanoma>

```



```

        <max_cutoff>5</max_cutoff>
    </Contrast>
    <binarize_method>2</binarize_method>
    <opacity>100</opacity>
    <auto_apply>0</auto_apply>
</Border>
<Color>
    <auto_apply>0</auto_apply>
    <Convolution>
        <kernel_width>11</kernel_width>
        <kernel_height>11</kernel_height>
    </Convolution>
    <Band_combine>
        <red>114</red>
        <green>587</green>
        <blue>299</blue>
        <auto>1</auto>
    </Band_combine>
    <Shade>
        <width>40</width>
        <mode>1</mode>
    </Shade>
    <opacity>75</opacity>
</Color>
</Properties>
<Results>
    <Asymmetry>
        <central_asymmetry>1.5292</central_asymmetry>
        <axial_asymmetry>0.2813</axial_asymmetry>
    </Asymmetry>
    <Border>
        <complexity>0.0652</complexity>
    </Border>
    <Color>
        <complexity>2.1082</complexity>
    </Color>
    <Diameter>
        <diameter>232.4758</diameter>
        <units>pixels</units>
    </Diameter>
</Results>
</Melanoma>

```

5.3. A konfigurációs XML állomány felépítése

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
<!DOCTYPE properties (View Source for full doctype...)>
<properties version="1.0">

<comment />
  <entry key="color_kernel_width">11</entry>
  <entry key="color_shade_mode">1</entry>
  <entry key="color_green_band">587</entry>
  <entry key="file_open_filter">0</entry>
  <entry key="border_kernel_width">19</entry>
  <entry key="border_kernel_height">19</entry>
  <entry key="color_red_band">114</entry>
  <entry key="file_save_path">D:\Java\MelanomaDetector\images</entry>
  <entry key="color_kernel_height">11</entry>
  <entry key="border_green_band">587</entry>
  <entry key="border_max_cutoff">5</entry>
  <entry key="binarize_method">2</entry>
  <entry key="color_auto_bands">1</entry>
  <entry key="file_open_path">D:\Java\MelanomaDetector\images</entry>
  <entry key="color_blue_band">299</entry>
  <entry key="border_min_cutoff">5</entry>
  <entry key="color_shade_width">40</entry>
  <entry key="border_blue_band">299</entry>
  <entry key="border_red_band">114</entry>
</properties>
```